

中国工程院重大咨询项目

西北地区 水资源配置生态环境建设 和可持续发展战略研究

— 水资源卷 —

西北地区水资源
及其供需发展趋势分析

主 编 陈志恺

副主编 王 浩 汪党猷

中国工程院重大咨询项目

西北地区 水资源配置生态环境建设 和可持续发展战略研究

水资源卷

西北地区
水资源及其供需发展趋势分析



主 编 陈志恺

副主编 王 浩 汪党猷

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书为《西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究:水资源卷》。内容分综合报告和分论两部分。包括西北地区水资源基本概况、水资源及其特点、水资源开发利用现状评价、生态环境现状及其耗水量分析、面向生态的水资源合理配置、水资源需求分析、水资源供需发展趋势分析、对策与建议等。本书基于面向生态的水资源配置理念,对西北地区水资源及其供需发展趋势进行了分析研究,并提出了以水资源的可持续利用支撑经济社会可持续发展的西北地区水资源开发利用战略,对西北地区水资源合理配置和开发利用具有重要指导意义。

本书可供中央和西北地区各级政府决策管理人员以及水文水资源、生态环境、工矿、农林牧、地学等方面的科技人员和高等院校有关师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

西北地区水资源及其供需发展趋势分析/陈志恺主编;王浩,汪党献副主编. —北京:科学出版社,2004

(西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究:水资源卷)

ISBN 7-03-012668-8

I. 西… II. ①陈…②王…③汪… III. 水资源-资源开发-研究-西北地区 IV. S

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 121620 号

责任编辑:李 锋 吴三保/责任校对:包志虹

责任印制:钱玉芬/封面设计:黄华斌

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

深圳中华商务安全印务股份有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年4月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2004年4月第一次印刷 印张:16 1/4 插页 6

印数:1—25 00 字数:260 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

西北地区水资源配置生态环境建设 和可持续发展战略研究

编辑委员会

主 副 编	主 编 委	编	钱正英			
		编	沈国舫	潘家铮		
		委	钱正英	沈国舫	潘家铮	张光斗
			师昌绪	王淀佐	徐乾清	陈志恺
			王 浩	刘东生	李泽椿	丁仲礼
			刘昌明	王礼先	张宗祜	石玉林
			任阵海	雷志栋	石元春	任继周
			唐华俊	卢良恕	贾大林	周干峙
			邵益生	李东英	胡见义	邱定蕃
			卢耀如	钱 易	汤鸿霄	宁 远
			吴以鳌			
		编委会办公室	谢冰玉	孙雪涛	王振海	

西北地区水资源及其供需发展趋势分析

编辑委员会

主 编 陈志恺

副主编 王 浩 汪党献

编 委 陈志恺 王 浩 汪党献 腾炜芬

王 芳 王建华 孙雪涛 王 研

陈蓓玉 张象明 马 静 来海亮

序 言

2001年5月,经国务院批准,中国工程院“西北地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究”项目正式启动。这是在“中国可持续发展水资源战略研究”咨询项目完成后,进行的又一综合性咨询项目。

西北地区地域广阔,资源丰富,民族众多,在我国的经济建设、社会稳定和国防安全方面都具有重要的战略地位;同时,由于其特殊的自然地理条件,又是我国极其重要的生态环境屏障。中央确定“西部大开发”的战略,并明确西北地区开发要和生态环境建设相协调的方针后,各方面行动积极。但在具体工作中,对生态环境建设应如何具体掌握,生态环境建设与经济建设的用水矛盾应如何解决,以及西北地区的有限水资源能否支持社会经济的可持续发展等问题,仍存在着各种不同的看法和做法。近年来北方地区干旱严重,沙尘暴加重,更引起许多议论和忧虑。为此,中国工程院决定以“西北地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究”为题,以自然地理范畴的西北地区为研究范围,以水资源为中心,以生态环境的保护和建设为重点,以工业、农业和城镇建设都能可持续发展和缩小东西部差距为目标,开展跨学科、跨部门的综合性、战略性研究。

在国务院有关部委、中国科学院、许多高等院校、科研院所和西北6省、自治区的大力支持下,本项目组织了覆盖地理、地质、气象、水文、农业、林业、草业、牧业、水利、土地、水土保持、生态、环境、城市建设、历史、考古、社会经济以及石油、天然气、煤炭、冶金等学科的35位院士和近300位院外专家,并有西北6省、自治区130多位有关领导和专家参与有关的研究工作,共设9个课题组:

- (1)西北地区水资源及其供需发展趋势分析
- (2)西北地区自然环境演变及其发展趋势
- (3)西北地区生态环境建设区域配置及生态环境需水量研究

- (4)西北地区土地荒漠化与水土资源利用
- (5)西北地区农牧业可持续发展与节水战略
- (6)西北地区城镇发展及水务对策研究
- (7)西北地区工矿资源开发的用水对策研究
- (8)西北地区水污染防治对策研究
- (9)西北地区水资源重大工程布局研究

在近两年的研究工作过程中,向国务院领导提交了“关于抢救内蒙古高原生态环境的报告”等6个阶段性报告和建议。经过多层次的实地考察及反复研讨,在9个课题研究成果报告的基础上,形成了项目的综合报告。

2003年1月20日,温家宝同志在中南海主持会议,回良玉同志及原国家计委、科技部、财政部、国土资源部、建设部、水利部、农业部、林业局、环保局、气象局等19个部委,以及陕西、甘肃、宁夏、内蒙古、青海和新疆6省、自治区的领导同志参加,听取了成果汇报。汇报后,温家宝同志强调指出:“这个研究项目,从酝酿策划到出研究成果,历时近两年;有35位院士、300余位专家参加,大家为这一成果付出了巨大心血和辛勤劳动,来之不易。参加研究的院士和专家们,从民族的、历史的和综合国力竞争的战略高度,审视我国西北地区可持续发展问题,站得高、看得远,充分体现了我国广大科技工作者忧国忧民的历史责任感和振兴中华的强烈愿望。同时,研究报告充分体现了院士和专家们的科学态度和负责精神。……因此,对这份经过长时间研究的重大成果,一定要运用好。”他要国务院办公厅将成果汇报印发各地区、各部门。同时,希望新闻宣传单位,采取各种生动活泼的形式宣传此项科研成果。

温家宝同志指出:“党中央、国务院一直在努力推进决策的科学化和民主化。如何发挥两院院士和各方面专家的作用,为党中央、国务院提供咨询服务,中国工程院组织的‘中国可持续发展水资源战略研究’和‘西北地区水资源配置、生态环境建设和可持续发展战略研究’是一个好的形式和成功的实践。紧密结合现代化建设实际,选准课题,组织科研人员,集中力量,大力协同,深入研究,不仅向党中央、国务院提出了重要的咨询意见,而且在研究过程中形成了一个跨地区、跨院所、跨学科的研究群体,形成了综合研究复杂问题的行之有效的机制,为科学和民主决策探索出一种可行的、有效的形式。对这种组织方式、研究机制、工作方法应当给予充分肯定,希望今后继续坚持、完善和发展。”

根据温家宝同志的讲话精神,项目组的院士、专家又经过 2003 年近 1 年时间,针对西北各省区的重点问题进行了专题回访和继续研讨,进一步丰富和完善综合报告和各课题的研究成果,形成了一套共 10 卷的研究专集。这套专集以项目综合报告、课题报告和专题报告三个层次,提供相关领域的研究背景、覆盖内容和主要论点,奉献给关心和支持我国西北地区大开发的各位读者。

这套书是多个课题研究成果的集合,其主要观点和结论在项目综合报告中取得了共识,但在各领域的一些特定问题上,课题组仍可能有自己独特的视点,对某些具体问题的看法和提法也没有必要取得完全统一。我们认为,这样更有利于启发读者的思考和促进研究的继续深入。由于本项目是以自然地理范畴的西北地区为研究范围,和西北地区的行政区划不完全一致,虽然一些基本数据尽可能地按研究范围做出统计,但由于条件限制,有一些数据只能按行政区划统计。在各课题的研究报告中,由于取得资料的途径不同,有些数据不完全一致,请读者予以谅解。

参加研究和编撰工作的全体人员,虽然做出了极大努力,但由于各种条件的限制,仍可能有疏漏或错误之处,请读者批评指正。

编辑委员会

2004 年 1 月

前 言

西北地区地域辽阔,深居内陆,气候干旱,降水稀少,水资源极为宝贵,是该地区可持续发展最为重要的基础性自然资源。水资源能否高效利用、有效保护和合理配置,关系到该地区经济发展、社会进步、民族团结、边疆稳定的大局;关系到国土综合整治、“西部大开发”战略的实施、全面小康社会的建设、生态环境保护与修复等事业的成败。为此,作为中国工程院“西北地区水资源配置生态环境建设和可持续发展战略研究”的第一课题,主要对西北地区水资源及其供需发展趋势进行了分析研究。

本报告分两部分:第一部分为综合报告;第二部分为分论,由基本概况、水资源及其特点、水资源开发利用现状评价、生态环境现状及其耗水量分析、面向生态的水资源合理配置、水资源需求分析、水资源供需发展趋势分析和对策与建议等八章组成。综合报告由陈志恺、王浩、汪党献、王芳、孙雪涛撰写。第二部分中的第一章由滕炜芬、汪党献执笔,第二章由陈志恺、滕炜芬、张象明执笔,第三章由陈志恺、滕炜芬、汪党献、王研执笔,第四章由王芳、孙雪涛执笔,第五章由王浩、王建华、汪党献执笔,第六章由汪党献、王浩、王芳、马静执笔,第七章由汪党献、陈志恺、王浩、孙雪涛执笔,第八章由陈志恺、王浩、汪党献执笔。附图由陈蓓玉教授和王芳博士绘制,来海亮工程师参与了本书文稿的编辑工作。报告编写过程中参考了国家“九五”重点科技攻关项目“西北水资源合理开发利用及生态环境保护研究”有关的专题报告;黄河水利委员会《西北地区水资源开发利用规划报告》的专题汇编;《中国水资源公报》及项目各省区有关资料,并补充了1995年到2000年最新的统计资料。

经研究,本报告取得如下成果:

西北地区年降水量为6934亿 m^3 ,水资源总量为1634亿 m^3 ,其中,西北黄河流域533亿 m^3 ,内陆河流域1101亿 m^3 。考虑到流入和流出国境的

水量后,现状条件下内陆河流域能被经济社会和生态环境所利用消耗的水量为 950 亿 m^3 。西北地区气候干旱,降水稀少,有限的水资源既要支撑经济社会发展,还要支持生态环境的稳定,因此,西北地区属于我国水资源矛盾突出地区。

2000 年西北地区供水总量为 871 亿 m^3 ,水资源开发利用率为 53.3%,其中西北黄河流域为 55.0%,内陆河流域为 52.5%。全区经济社会系统耗水总量为 547 亿 m^3 ,其中西北黄河流域为 158 亿 m^3 ,内陆河流域 389 亿 m^3 。现状情况下,内陆河流域经济社会系统耗水量占水资源量的比重为 44%,生态环境和天然盐碱地耗水量分别占 52%和 4%。但区域发展很不平衡,在水资源开发利用超过 70%和经济社会系统耗水量占其水资源总量超过 50%的地区,均已出现了严重的生态环境问题。为此,西北干旱区水资源利用率应控制在 70%以内为宜,要保证生态环境的耗水不低于水资源总量的 50%。

在考虑经济结构调整、节水和高效用水的前提下,为了全面建设小康社会和实现我国第三步发展的战略目标,预计西北地区需水高峰在 2030 年前后出现。要满足人口增长和经济社会系统发展对水资源的需求,将在现有供水能力基础上西北地区还需增加 80 亿 m^3 的年供水能力。这要求:西北地区应以全面建设高效、节水、防污的经济与社会为总体目标,水资源开发利用应优先保障人类的基本用水需求和生态环境的合理用水要求。

目前,西北地区水资源的利用主要为地表水,以引水和提水工程为主,蓄水工程供水量占河川径流量的比重仅为 17.1%,对径流的控制能力不够,农业春旱严重。地下水利用程度总体不高,但局部地区出现严重超采情况。为此,西北地区近期应以大力调整产业结构、用水结构和灌区节水改造为主,同时加快黄河支流和内陆河出山口控制性蓄水工程建设,在对水资源需求加强控制和管理情况下,加快重大调水工程前期工作力度;远期则应继续强化节水和提高用水效率,在改善生态环境的基本前提下,可重点建设包括西线南水北调工程和一些开发利用程度较低的大河流域开发工程等一批重大水利工程。

农业节水亟待加强。目前西北地区灌溉定额偏高,农业用水比重过大,导致农业用水大量挤占生态环境用水,这是造成该地区生态环境退化、局部地区恶化和土地质量下降的主要原因。而该地区用水效率十分低下,单方用水 GDP 产出仅为 5.8 元/ m^3 ,不足全国水平的 1/3。为此,西北地区

必须要调整产业结构,提高用水效率,建设高效、节水、防污的现代化农业和国民经济生产体系。

根据预测,未来西北地区经济社会系统耗用的水资源量预计将增加约40亿 m^3 ,其中西北黄河流域和内陆河流域均分别增加20亿 m^3 左右。如果实施西线南水北调工程,在满足黄河流域西北地区经济社会系统新增用水要求下,还可以增加该流域生态环境用水量或调剂下游。西北黄河流域近期要加快渭河和黄土高原水土流失区综合治理步伐,进一步强化以流域为基础的分省区水资源总量和排污量的控制。内陆河流域经济社会系统耗水量主要增加一些开发利用程度尚低的大河流域。新疆地区在强化节水、调整产业结构、合理调配水资源,以及实施“北水南调”工程和塔里木河流域综合治理后,北疆地区和南疆地区生态环境状况可以实现不比现状恶化、局部地区有所改善的总体目标。目前河西内陆区生态环境用水量亏缺严重,生态环境状况日益恶化,通过退耕休牧还草和退耕还林以及执行黑河分水方案等综合措施后,还需要实施外流域生态调水工程建设。

通过本报告研究,提出如下建议:

1. 加强以流域为基础的水资源统一管理;
2. 建设节水防污型社会,提高用水效率;
3. 统筹安排重点地区的生态环境用水;
4. 加快骨干型水利工程建设;
5. 优化水资源配置格局,加快供水保障体系建设。

在本报告研究过程中,得到了项目组组长钱正英院士、沈国舫院士、潘家铮院士的亲切关怀和指导,以及其他课题组的协助,在此表示感谢。

课题组成人员名单

课题负责人	陈志恺	院士			
	王浩	教授			
顾问	刘昌明	院士			
	张宗祜	院士			
	程国栋	院士			
专家组成员	薛松贵	康尔泗	许新宜	朱延华	贺伟程
	孙雪涛	刘恒	徐子恺	甘泓	秦大庸
	陈敏建	滕炜芬	汪党献		
工作组组长	汪党献				
工作组成员	陈志恺	王浩	滕炜芬	康尔泗	秦大庸
	王芳	王建华	张象明	王研	陈蓓玉
	唐克望	于福亮	尹明万	马静	来海亮
	倪红珍				

目 录

序言

前言

综 合 报 告

西北地区水资源及其供需发展趋势分析综合报告	1
一、自然地理概况及水资源分区	1
(一) 自然地理概况	1
(二) 水资源分区	3
二、水资源及其特点	5
(一) 水资源量	5
(二) 水资源的特点	9
(三) 气候变化对水资源的影响	11
三、水资源开发利用现状评价	13
(一) 社会经济发展现状	13
(二) 水资源开发利用现状	13
(三) 水资源及其利用综合评价	20
四、水资源需求态势	21
(一) 经济社会发展态势	21
(二) 生活与工业需水量预测	27
(三) 农业需水量预测	29
(四) 经济社会需水态势分析	32

(五) 重点地区生态环境需水量分析	34
五、水资源供需发展趋势	37
(一) 现状缺水分析	37
(二) 水资源配置格局	39
(三) 供需发展趋势	43
(四) 耗水预测与水资源平衡分析	48
六、结论与建议	50
(一) 初步结论	50
(二) 建议	55

分 论

第一章 基本概况	57
第一节 自然地理概况	58
一、地形地貌	58
二、气候特征	61
三、土壤植被	62
四、自然地理分区	64
第二节 水资源分区基本情况	65
一、水资源分区	65
二、西北内陆区	65
三、内蒙古高原内陆区	70
四、西北黄河区	71
第三节 西北地区水资源的战略地位	77
一、经济社会发展现状	77
二、西北地区在国家总体发展进程中的战略地位	78
三、西北地区水资源的战略地位	79
第二章 水资源及其特点	82
第一节 河流水系、湖泊、冰川	82
一、河流水系	82
二、湖泊	83
三、冰川	84
第二节 降水与蒸发	85
一、降水量	85

二、水面蒸发量	88
三、陆地蒸发	88
四、干旱指数	89
第三节 水资源评价成果	90
一、地表水资源量	90
二、地下水资源量	94
三、水资源总量和水量平衡	95
四、出入境水量	97
第四节 水资源的特点	97
一、水资源在地区上分布极不均匀	97
二、降水、地表水与地下水转化关系复杂	99
三、河川径流的年际和年内变化规律明显	99
四、径流的年内变化随补给来源的不同而变化	99
第五节 气候变化对水资源的影响	100
一、气温变化	100
二、降水量变化	101
三、对水资源的影响	102
四、对冰川资源的影响	103
五、1994 年以来水资源变化情况	104
第三章 水资源开发利用现状评价	106
第一节 水利工程建设概况	106
第二节 水资源开发利用现状	108
一、现状供水量	108
二、现状用水量	110
三、现状耗水量	112
四、用水效率评价	113
第三节 1980 年和 2000 年用水变化趋势分析	114
第四节 水质现状与评价	116
一、水质现状	116
二、污染成因分析	117
第五节 水资源及其利用综合评价	119
第四章 生态环境现状及其耗水量分析	121
第一节 现状生态环境问题及其影响评价	121
第二节 基于流域水循环的区域生态耗水量计算方法	124

一、基于流域水资源平衡分析计算生态需水	124
二、从潜水蒸发和水面蒸发确定生态耗水标准	125
第三节 内陆河流域现状生态耗水分析	127
一、内陆河流域总体情况	127
二、准噶尔盆地现状生态耗水分析	128
三、塔里木盆地现状生态耗水分析	130
四、河西内陆河区现状生态耗水分析	132
五、柴达木盆地	134
六、中亚细亚内陆河流域	136
七、青海内陆区	136
八、内蒙古高原内陆区	137
第四节 黄河流域水土保持生态耗水量	137
第五章 面向生态的水资源合理配置	138
第一节 现代生态价值观	138
一、区域资本构成	138
二、资本增加	139
三、西北地区资本增值分析	140
第二节 西北地区生态保护基准和水资源系统调控	141
一、二元驱动下的区域水分与生态关系	141
二、西北地区生态保护基准	142
三、面向生态的流域水资源系统调控	144
第三节 面向生态的水资源合理配置内容及其理论拓展	145
一、我国水资源合理配置研究概述	145
二、西北地区面向生态的水资源合理配置多层内涵	146
三、面向生态的水资源供需平衡分析	147
四、水资源合理配置的评价与保障	150
五、本次水资源配置理论的拓展	152
第四节 西北地区水资源配置格局	154
一、内陆干旱区	154
二、半干旱草原区	158
三、西北黄河区	159
第六章 水资源需求分析	162
第一节 总体发展目标	162
一、经济社会发展总体目标	162

二、生态环境建设的基本目标	163
第二节 经济社会发展指标分析	164
一、经济社会发展的基础条件	164
二、人口与城镇化进程	165
三、国民经济与工业化发展预测	167
四、农业经济与土地利用发展预测	170
第三节 经济社会需水量预测	174
一、生活需水量预测	175
二、工业需水量预测	177
三、农业需水量预测	178
第四节 经济社会需水态势分析	183
一、需水增长	183
二、需水结构	185
三、人均需水量	186
四、水的利用效率	187
第五节 生态需水基础理论依据与计算方法	189
一、面向可持续发展的生态保护与生态建设模式	189
二、植被生长需水区域分异规律	191
三、生态需水计算方法	191
第六节 重点地区生态保护和恢复需水	194
一、塔里木河下游生态保护恢复需水	194
二、艾比湖流域天然生态保护和恢复需水	196
三、维护天山北坡中东部生态格局,建立沙漠与绿洲天然 屏障需水	199
四、保护和恢复疏勒河流域西大湖生态需水	200
五、黑河流域额济纳绿洲生态保护与恢复需水	202
六、石羊河下游民勤盆地生态保护恢复需水	203
七、柴达木盆地天然生态保护与恢复需水	204
八、保护青海湖湿地需水	205
九、保护内蒙古内陆区湿地需水	207
十、黄土高原水土流失区生态建设需水	208
十一、渭河河道内生态需水	210
第七章 水资源供需发展趋势	211
第一节 水资源可利用量及其开发潜力分析	211